

**METHODE ZUR QUANTITATIVEN BESTIMMUNG DER
MAGENMOTILITÄT MITTELS DEHNUNGSMESS-
STREIFEN. TIEREXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN
BEI ELEKTRISCHER VAGUSSTIMULATION AM HUND**

Anton Huber

1977

Aus der Chirurgischen Poliklinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. F. Holle

METHODE ZUR QUANTITATIVEN BESTIMMUNG DER MAGENMOTI-
LITÄT MITTELS DEHNUNGSMESSTREIFEN. TIEREXPERIMENTEL-
LE UNTERSUCHUNGEN BEI ELEKTRISCHER VAGUSSTIMULATION
AM HUND

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Anton Huber

aus

Fürstenfeldbruck

München 1977

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der
Universität München

Berichterstatter:	Priv. Doz. Dr. med. Brückner
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. med. Holle
Dekan:	Prof. Dr. med. Spann
Tag der mündlichen Prüfung:	15. 12. 1977



Meiner Frau Beda

INHALTSANGABE

I. EINLEITUNG

II. MESSMETHODEN DER MOTILITÄT

- a) Röntgen
- b) Druckmessung mit Ballonsonde
- c) Gastromyogramm
- d) Szintigraphie
- e) Ultraschall
- f) Dehnungsmesstreifen

III. MATERIAL UND METHODE

- a) Narkose
- b) Laparatomie
- c) Anatomie des N. vagus
- d) Präparation und Elektrostimulation des N. vagus
- e) Physikalische Grundlagen und Anwendung des DMS
- f) Registrierung der Meßsignale

IV. ERGEBNIS

V. DISKUSSION

VI. ZUSAMMENFASSUNG

VII. LITERATUR

I. E I N L E I T U N G

a) Auf dem Gebiet der Magenphysiologie gibt es bisher noch keine befriedigenden Erkenntnisse über die Motilität. Die bisherigen Untersuchungsmethoden der Magenmotilität sind teilweise nur beschränkt tauglich. Bei den meisten Motilitätsuntersuchungen wurde der Einfluß bestimmter Pharmaka oder Testmahlzeiten studiert. Hier soll nun eine Methode beschrieben werden, bei der der Einfluß des Nervus vagus auf die Motilität quantitativ gemessen werden kann.

b) Auf dem neuen Weg der Chirurgie des Gastroduodenalulcus, der sog. organerhaltenden Ulcuschirurgie, wurde die Selektive Proximale Vagotomie entwickelt (HOLLE, GRIFFITH). Dabei geht man davon aus, daß der Nervus LATAJET eine wichtige Rolle spielt. Dies nachzuweisen war bisher mangels einer befriedigenden Untersuchungsmethode der Magenmotilität nicht möglich. Die Untersuchungen bezogen sich daher vornehmlich auf die Sekretion. Da wir nun mittels DMS in der Lage sind, die Magenmotilität durch eine reproduzierbare Methode quantitativ zu messen, kam der Gedanke, die Magenmotilität bei Elektrostimulation des N. Latarjet zu messen.

Diese Methode soll ein Beitrag zur Erforschung der Magenmotilität in Abhängigkeit von der besonderen vagalen Versorgung des Magens sein.

II. MESSMETHODEN DER MOTILITÄT

a) Röntgen

Einen wichtigen Beitrag zur Physiologie der Magenmotilität haben die Routine-Röntgenuntersuchungen, insbesondere die kinematographische Methode (LISSNER), geliefert. Unter Verwendung eines Kontrastbreies aus Bariumsulfat, können nicht nur morphologische Veränderungen, sondern auch motorische Aktivitäten beobachtet werden. Hiermit konnte vor allem der Entleerungsmechanismus studiert werden (TORGERSEN).

Dem Vorteil der Anschaulichkeit dieser Methode steht aber der Nachteil gegenüber, daß dieses Verfahren keine meßbaren physikalischen Größen liefert (DEMLING). Eine quantitative Untersuchung ist somit nicht möglich. Außerdem kann durch den Chemismus des Kontrastmittels eine unerwünschte Reaktion der Magenmotorik ausgelöst, bzw. dadurch eine falsche Aussage getroffen, werden.

b) Druckmessungen mit Ballonsonde u. "open-tip Katheter"

Eine Methode, die heute nur noch historischen Wert hat, war das Einbringen einer Ballonsonde in den Magen. Die mit 100 bis 200 ml Luft oder Wasser gefüllten Gummiballons nehmen die Kontraktionen des Magens über ihre Oberfläche auf und übertragen den Druck auf ein außerhalb gelegenes Meßelement. Hauptnachteil dieser Methode ist vor allem, daß der pralle Gummiballon auf die Magenwand einen unzulässigen

Einfluss übt, indem er ihn dehnt und damit bereits Kontraktionen auslöst. Der Meßfühler beeinflusst damit in unzulässiger Weise die Meßgröße, nämlich die Motilität (DEMLING). Verbessert wurde diese Methode, indem man die Ballons kleiner machte (20 ml) und sie nicht mehr prall füllte. Dadurch wurde der Einfluß des Ballons auf die Magenwand reduziert und gleichzeitig die Eigenspannung des Gummis, die ja auch in die Meßung miteingeht, ausgeschaltet.

Eine weitere Modifikation ist ein kleiner Käfig, der die Ballonsonde umgibt. Er schützt den Ballon vor der Einwirkung, die durch direktes Anliegen an die Magenwand entsteht (DEMLING u.a.). Auf diese Weise wirkt auf die entspannte Membran nur der im Magen vorhandene Druck ein.

Druckmessung mit dem "open-tip"-Katheter: Während man mit der Ballonsonde durch ihre Verformung peristaltische Wellen erfassen kann, werden mit dem open-tip-Katheter reine Druckmessungen durchgeführt. Hierbei ist die vordere Öffnung der Sonde unbedeckt, das Lumen ist mit Wasser gefüllt. Der Magendruck wird dadurch über die Wassersäule auf ein außerhalb des Magens gelegenes Statham-Element übertragen (DEMLING).

c) Gastromyogramm

Da die elektrische Aktivität der Magenmuskulatur ein wichtiger Faktor der Magenmotilität ist, hat auch die Gastromyographie ihren Platz bei den Meßmethoden der Motilität. Die ersten veröffentlichten Versuche, elektrische Potentiale

des Darms zu registrieren, wurden bereits 1922 unternommen (ALVAREZ, MAHONEY). Meist wurden Studien am Hund durchgeführt, wie von BOZLER 1945, PAPAJOVA 1968, CODE 1974 u.a. . 1967 wurden von OI Versuche am Menschen durchgeführt, wobei Schleimhautsaugелеktroden benutzt wurden. ROZE beobachtete mit Hilfe der Gastromyographie die Magenentleerung nach verschiedenen Testmahlzeiten. Bei der Gastromyographie sitzen die Elektroden entweder intraluminär auf der Schleimhaut oder extraluminär auf der Serosa. Gemessen werden über einen Oszillographen die elektrischen Aktivitäten der einzelnen Magenschichten, wobei der einzige zuverlässige Parameter die Frequenz der Ausschläge ist (ROZE). Die Magenmotilität kann hier nur indirekt erfasst werden, da nur die Aktionspotentiale der Magenmuskulatur abgeleitet werden.

d) Szintigraphie

Mit der Szintigraphie wird weniger die Motilität des Magens, als die Entleerungsgeschwindigkeit einer Testmahlzeit gemessen. Eine radioaktiv markierte Mahlzeit wird gegeben und mit einem Scanner die Aktivitätskonzentration über den einzelnen Magen-Darmabschnitten abgetastet. Auch bei dieser Methode kann nicht ausgeschlossen werden, daß eine unerwünschte Reaktion bzw Motilität durch Chemismus auftritt.

e) Ultraschall

Mit Ultraschall kann eine Volumenbestimmung am Magen durchgeführt werden. Bei einer neuen Methode kann die Magenentleerung durch Volumenbestimmung des Magens mittels Ultraschall-B-Bild-Verfahren bei Gabe von physiologischen Probe-

mahlzeiten vorgenommen werden (OIKUKUBO u. Mitarbeiter) .
Eine direkte Messung der Magenmotilität ist auch mit dieser Methode nicht möglich.

f) Dehnungsmeßstreifen (DMS)

Die DMS-Technik, die auf vielen Gebieten ihre Anwendung findet, wird seit langem auch in der medizinischen Forschung, insbesondere in der Kardiologie, benutzt. Anwendungen im Bereich des Gastrointestinaltraktes sind noch selten. JAKOBY u. Mitarbeiter verwendeten erstmals DMS extraluminal am Gastrointestinaltrakt, zur quantitativen Messung der Motilität in vivo. ANDERSON u. Mitarbeiter nähten DMS in verschiedenen Muskelschichten des Hundemagens extraluminal und führte chronische Messungen nach Gabe von Testmahlzeiten bzw. Infusion von ACTH oder 5-HTP durch. In einer Arbeit über die Kontraktionskraft- und Frequenz verschiedener Darmabschnitte bei Gabe von Neostigmin, Atropin oder Cholecystokinin am Hund, verwendete man spezielle Klammer-DMS (RINECKER, BRENDEL) .

Die Bedeutung der DMS beruht auf der Eigenschaft von stromdurchflossenen Metalleitern, unter mechanischer Belastung, wie z.B. Dehnung, ihren elektrischen Widerstand zu verändern. Einzelheiten über die DMS-Technik werden im Abschnitt III. beschrieben.

III. MATERIAL UND METHODE

Vorbereitend zu den Versuchen wurde an 5 Bastardschäferhunden die gesamte Anatomie des n. vagus studiert und die Präparationstechnik daran geübt.

Für die Versuche wurden 5 Bastardschäferhunde verwendet.

Alle Hunde hatten ein Gewicht zwischen 20 und 25 kg beiderlei Geschlechts. Die Tiere mußten in einem einwandfreien Gesundheits- und Ernährungszustand sein. Vor jedem Versuch ließen wir die Hunde ca 36 h nüchtern. Da es sich um akute Versuche handelte, wurde auf eine vorherige Impfung verzichtet. Ein Versuch bestand aus folgenden Teilen:

1. Laparatomie
2. Aufnähen der DMS auf die verschiedenen Magenabschnitte extraluminal
3. Aufsuchen und Präparation des linken Halsvagus
4. Elektrostimulation des Halsvagus und Registrierung der Motilität
5. Präparation des Nervus Latarjet
6. Elektrostimulation des Nervus Latarjet und Registrierung der Motilität

a) Narkose

Die Tiere wurden mit einer intramuskulären Injektion aus einer Mischung von 10 ml Fentanyl (Neuroanaleptikum) und 1 ml Combelen (Phenothiazinderivat) Narkose eingeführt. Die weitere Erhaltung der Narkose wurde durch regelmäßige i.v.-Infusion der selben Menge der beiden Medikamente in 500 ml physiologischer Kochsalzlösung durchgeführt. Die Infusion

warde an eine Vene des linken Hinterlaufes angeschlossen.
Die konstante Tiefe der Anaesthesie wurde physikalisch kontrolliert.

b) Laparatomie

Ca. 13 cm langer oberer Medianschnitt von processus xyloideus bis Nabel, Entfernung des subperitonealen Fettgewebes und Spreizen der Bauchdecke mit einem Kirschnerrahmen.

c) Pars cervicalis und pars abdominalis nervi vagi

Der Halsteil des n. Vagus beginnt beim Hund distal vom Ggl. nodosum und besteht aus einem kräftigen Nervenstrang, der mit dem Halssympathikus verbunden als Truncus vagosympathicus entlang der arteria carotis communis zum Brusthöhleneingang zieht, wo sich beide Nerven wieder voneinander trennen.

Der Bauchteil des n. vagus entsteht aus den dorsalen und ventralen Endästen der n. vagi, die durch Rami communicantes den plexus oesophageus bilden. Kurz vor Durchtritt durch das Zwerchfell vereinigen sich die beiden ventralen und die beiden dorsalen Äste zum Truncus vagalis dorsalis bzw. Truncus vagalis ventralis. Der Truncus vag. ventralis tritt an die Curvatura minor und verbreitet sich mit den periarteriellen Gefäßen der arteria gastrica als Plexus gastricus cranialis, der die sekretorischen Fasern im Fundus-Corpus-Bereich und die motorischen Fasern mit dem ramus antralis im Antrum-Pylorusbereich bildet. Außerdem gibt er einen ramus pancreaticus und einen ramus hepaticus ab. Der Truncus vagalis dorsalis gibt den größten Teil seiner Fasern an die Rami coeliaci ab und zieht von dort in Begleitung von Ästen des Sympa-

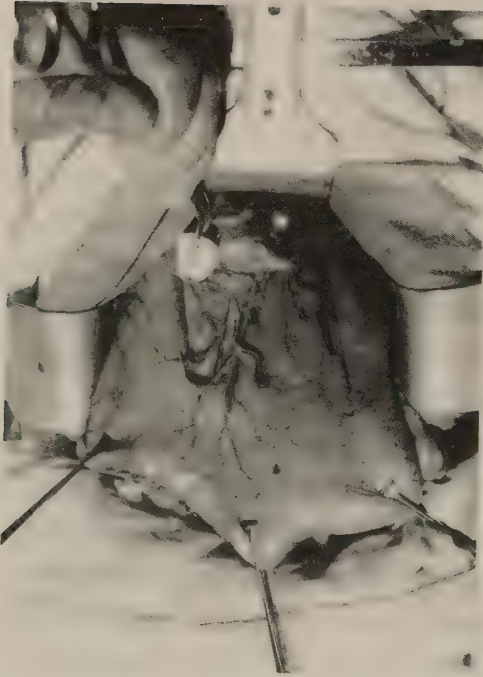


Abb. 1: Hundemagen, Übersicht..

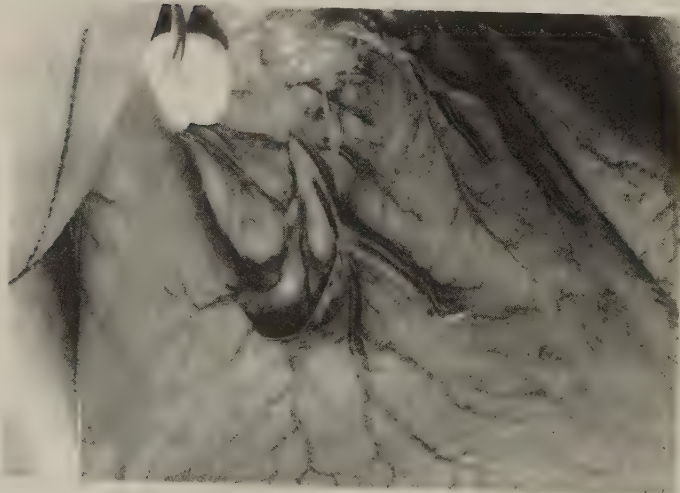


Abb. 2: Kleine Curvatur mit Nervus Latarjet.

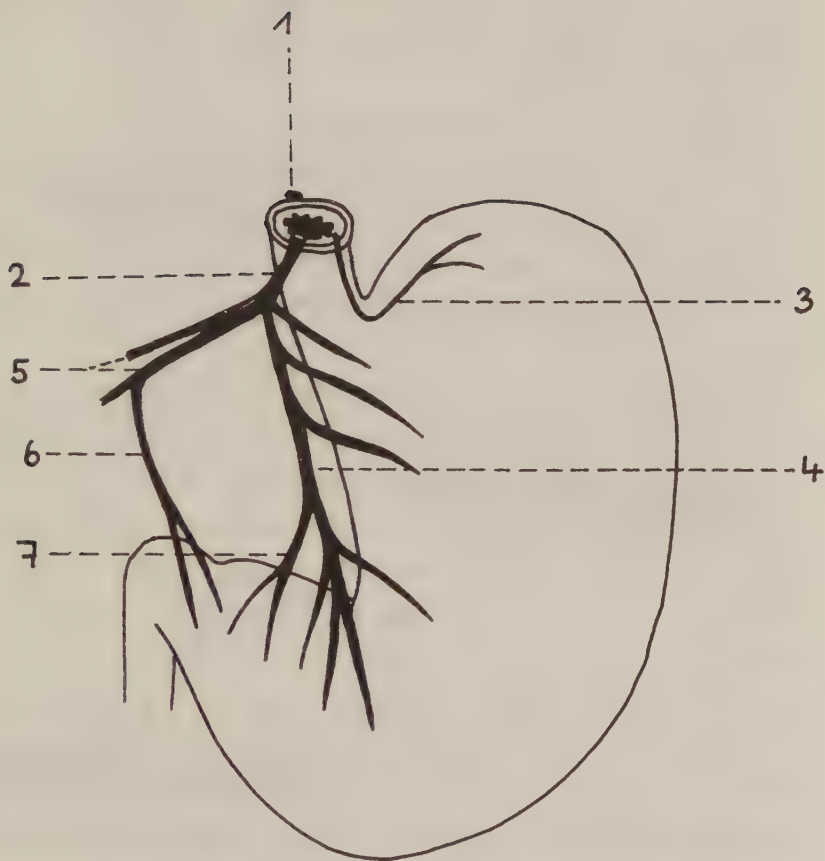


Abb. 3: Trunkus vagalis anterior mit abzweigenden Ästen.
1 = trunkus vagalis posterior, 2 = trunkus vagalis anterior,
3 = Ast zum Fornix, 4 = vorderer gastraler Hauptast (Nervus Latarjet), 5 = Äste zur Leber, 6 = Ramus zum Pylorus,
7 = Ramus zum Antrum (Nach LIERSE, SCHAUMBURG)

tikus zu den übrigen Bauchorganen. Außerdem ist der Trunkus vagalis dorsalis über rami communicantes mit dem Trunkus vagalis ventralis verbunden. (NICKEL, MILLER)

d) Präparation und Elektrostimulation des N. vagus

Um eine optimale Elektrostimulation des Nerven zu erreichen, muß der Nerv sorgfältig aus seiner bindegewebigen Hülle herausgelöst werden. Außer den Größenverhältnissen unterscheidet sich die Präparation des Halsvagus von der des N. Latarejet nicht.

Das Bindegewebe über dem Nerv wird mit einer Uhrmacherpinzette erfaßt und eingeschnitten (Abb. 4,1). In das entstandene Loch wird ein feiner Glashaken eingeführt, der den Nerv unterfaßt und herauszieht (4,2). Von hier aus wird nun das Bindegewebe mit einer Pinzette abgespreizt. Der auf ca. 2 cm freigelegte Nerv wird nun mit einem Faden umknotet. Proximal von diesem Knoten wird der Nerv durchtrennt. Der Faden wird nun durch eine Hülselektrode gezogen (4,3), in die dadurch der Nerv eingefädelt und befestigt wird (4,4). Die beiden Enden der Hülselektrode werden mit Vaseline verschmiert, um eine Isolation zu erhalten. Nun kann der periphere Stumpf gereizt werden.

Als Reizgerät dient das PHYSIOSCOP TR, Fa. Tönnis, Freiburg. Es wird mit Rechteckreizen stimuliert, wobei Reizstärke, Frequenz und Impulsbreite variabel sind. Die Impulse können auf einem Oszillographen optisch kontrolliert werden. Reizstärke: Rechteckreiz von 100 mV, Impulsbreite 1 msec, Frequenz 10/min, Reizdauer 2 min.

1.

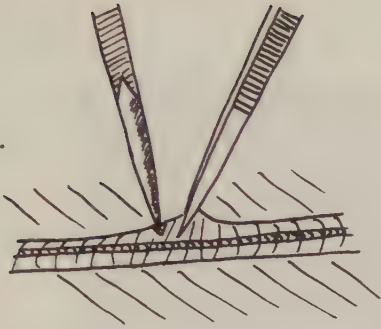
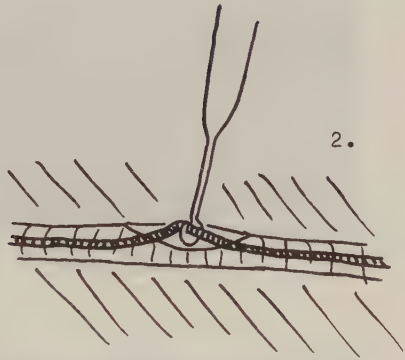
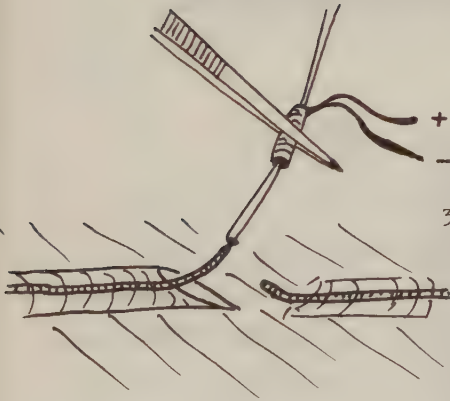


Abb. 4: Präparation des
n. vagus und Anbringen
der Hülselektrode

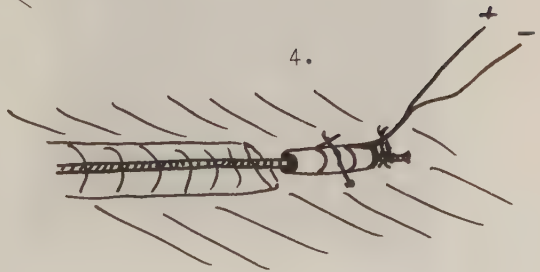
2.



3.



4.



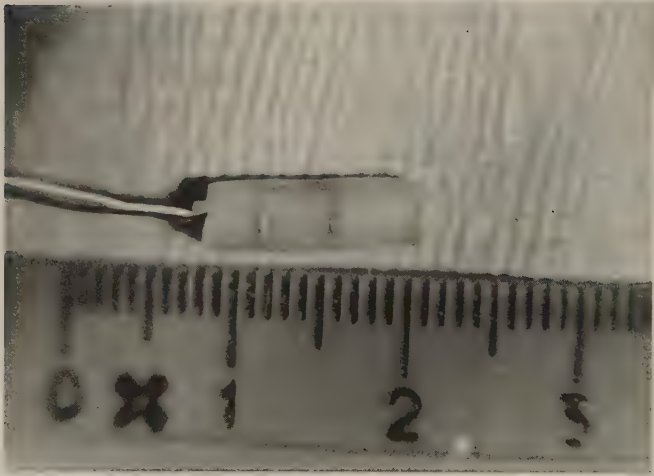


Abb. 5: Hülselektrode

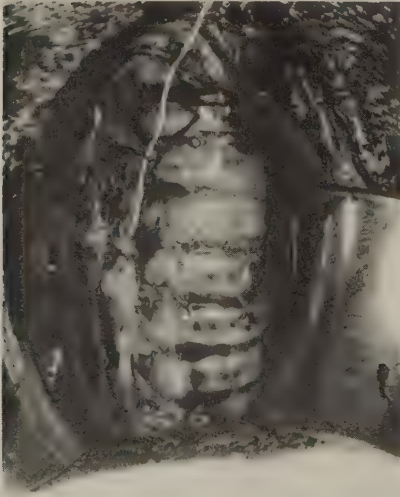


Abb. 6: Am Hals-
vagus befestigte
Hülselektrode

e) Anwendung und physikalische Grundlagen des DMS

Wie bereits erwähnt, beruht die DMS-Technik auf dem Prinzip, daß sich bei stromdurchflossenen Leitern, die einer mechanischen Belastung, wie z.B. einer Dehnung, ausgesetzt sind, der Widerstand ändert. Als Dehnung bezeichnet man eine relative Längenänderung nach der Formel

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

Den Wert $\epsilon = 10^{-6}$ verwendet man als Einheit und er wird als "Mikrodehnung" bezeichnet. Liegt die Dehnung ϵ in einem Bereich, in dem sie proportional zur wirkenden Kraft ist, d. h. wenn sie im Hook'schen Bereich liegt, so besteht auch eine Proportionalität zur relativen Widerstandsänderung nach der Formel

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \frac{\Delta l}{l}$$

k = DMS-Proportionalitätsfaktor

Die relative Längenänderung ϵ darf nicht größer als ca 5 ‰ der Gesamtlänge betragen.

Dieser DMS wird nun in eine Wheatstonsche Brücke eingeschaltet, womit die Widerstandsänderung in ein elektrisches Signal umgewandelt wird. Die Brücke wird so abgeglichen, daß

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Dann wird das Meßsignal $U \neq 0$. Bei Änderung von R_2 entsteht dann ein Signal U , das über einen Verstärker auf einem Schreiber registriert wird. (Abb. 7) So wird eine mechanische Größe in eine elektrische umgewandelt.

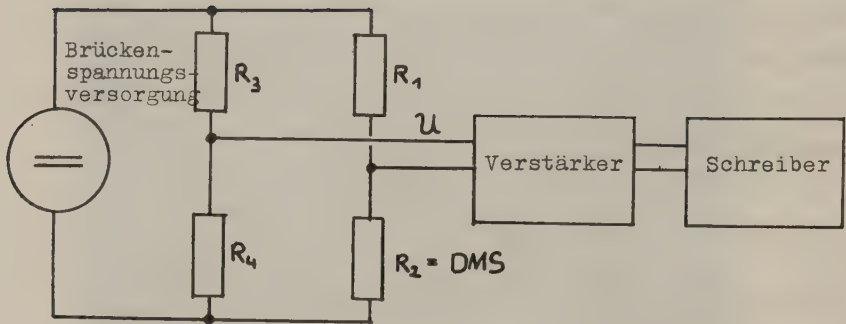


Abb. 7: Schaltbild der Brücke: R_1, R_2, R_3, R_4 sind Widerstände, wobei hier $R_2 = \text{DMS}$; $U = \text{Meßsignal}$

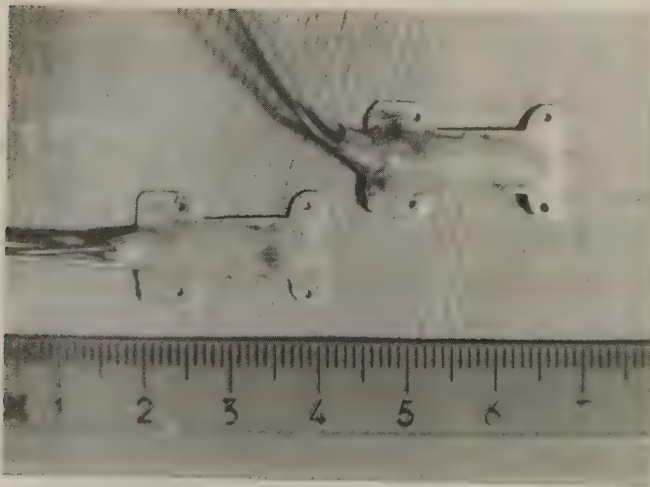
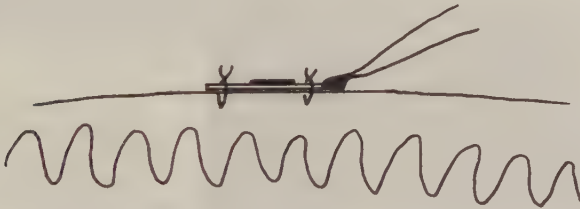


Abb. 8: Dehnungsmeßstreifen (DMS)
Weißhaar-Elektronik, München

Da die Magenwand als Dehnungsgrundlage für den DMS nicht geeignet ist, wird dieser auf einen Träger aufgeklebt. Es ist ein H-förmiges Alublech, ca. 2 cm lang und 1 cm breit, (Abb. 8), das auf die Serosa der Magenwand aufgenäht wird. Es wird im Bereich von Corpus, Antrum und Pylorus je ein DMS-Träger aufgenäht, und zwar senkrecht zur Magenachse. Bei Elektrostimulation des n. vagus entstehen gut sichtbare Schnürwellen, die über das Antrum in Richtung Pylorus laufen. Passiert so eine Schnürwelle eine Stelle, an der ein DMS-Trägerblech aufgenäht ist, kommt es zu einer leichten Verbiegung des Blechs und damit zu der Mikrodehnung ($< 5\%$ der Gesamtlänge) des DMS (Abb. 9).



Magenwand mit aufgenähtem DMS ohne Kontraktion

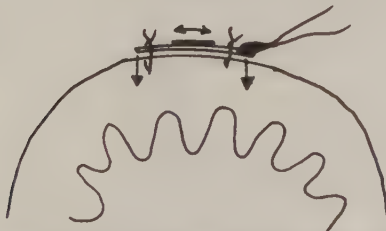


Abb. 9: Magenwand mit aufgenähten DMS bei Passieren einer Schnürwelle

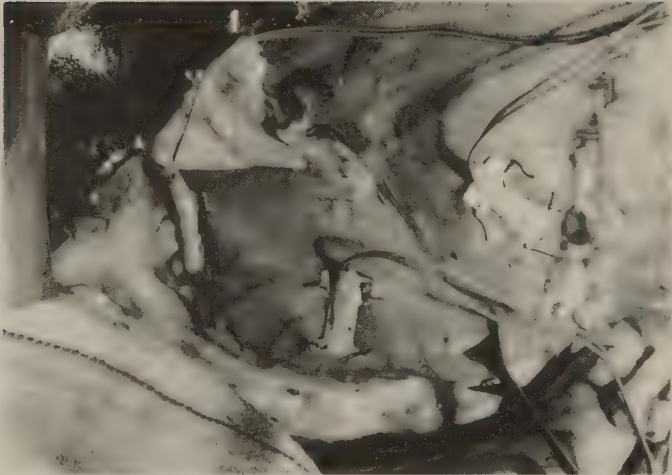


Abb. 10: Hundemagen mit aufgenähten DMS an Pylorus, Antrum und Corpus



Abb. 11: Hundemagen bei Elektrostimulation; Schnürwelle im Bereich des Antrums sichtbar

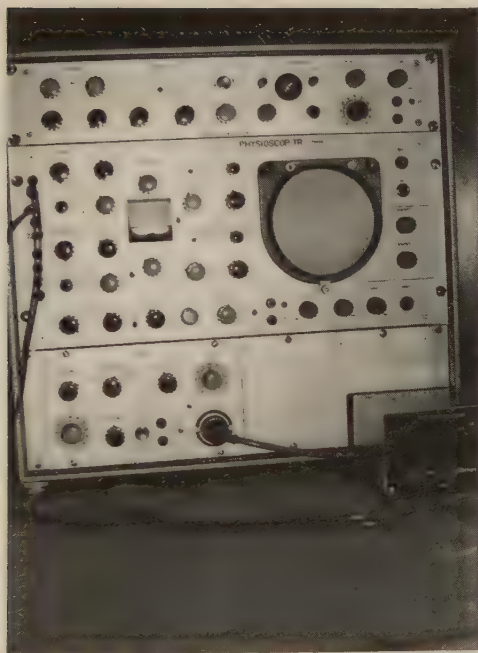


Abb. 12: Physioscop TR
Fa. Tönnies, Freiburg

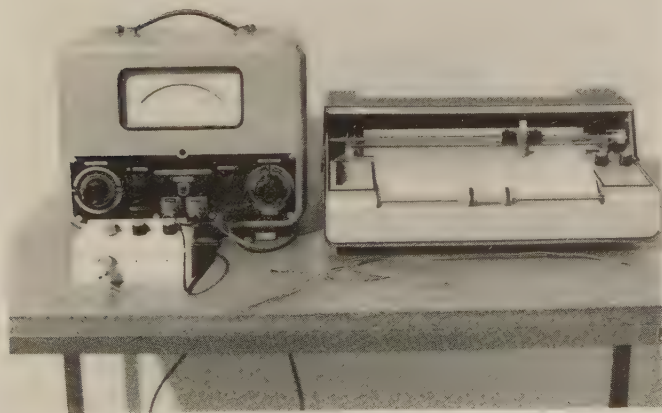


Abb. 13: Verstärker mit Schreiber

f) Registrierung der Meßsignale

Die Meßsignale (U) wurden über einen Verstärker auf einem Einkanalschreiber registriert. Jede Schnürwelle des Wagens, die einen Dehnungsmeßstreifen passiert, entspricht einem Ausschlag auf dem Schreibegerät (OmnISCRIIBE RECORDER, Fa. HOUSTON INSTRUMENTAL). Da kein Dreikanalschreiber zur Verfügung stand, mußten die Messungen an den einzelnen Wagenabschnitten hintereinander vorgenommen werden. Wir wählten dabei die Reihenfolge: 1. Pylorus, 2. Antrum, 3. Corpus. Zwischen jeder Messung mit einer Reizdauer von 2 min wurde eine Pause von ca. 15 min gemacht.

Geeicht wurden die Dehnungsmeßstreifen durch angehängte Grammgewichte an das fixierte Trägerblech (Abb. 14). Eine schrittweise Erhöhung der angehängten Gewichte um jeweils 10g ergab eine annähernd lineare Steigung der Eichkurve. Danach entspricht ein eingehängtes Gewicht von 50 g einer Steigung der Eichkurve um 6 cm.

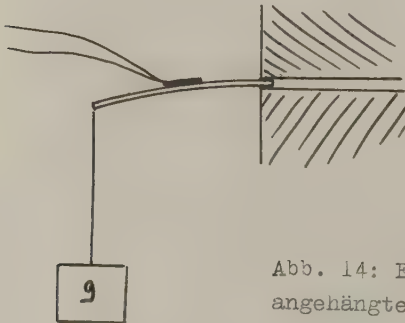


Abb. 14: Eichung des DMS durch angehängte Grammgewichte

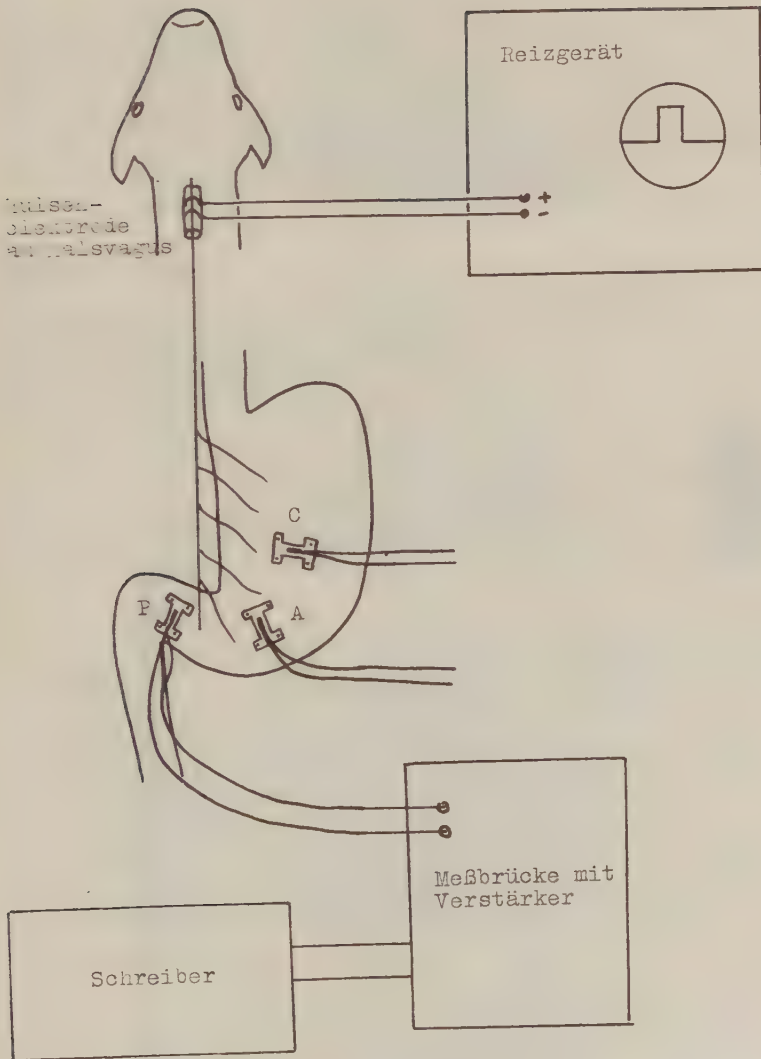


Abb. 15: Versuchsanordnung bei Reizung des Halsvagus und Ableitung am Pylorus

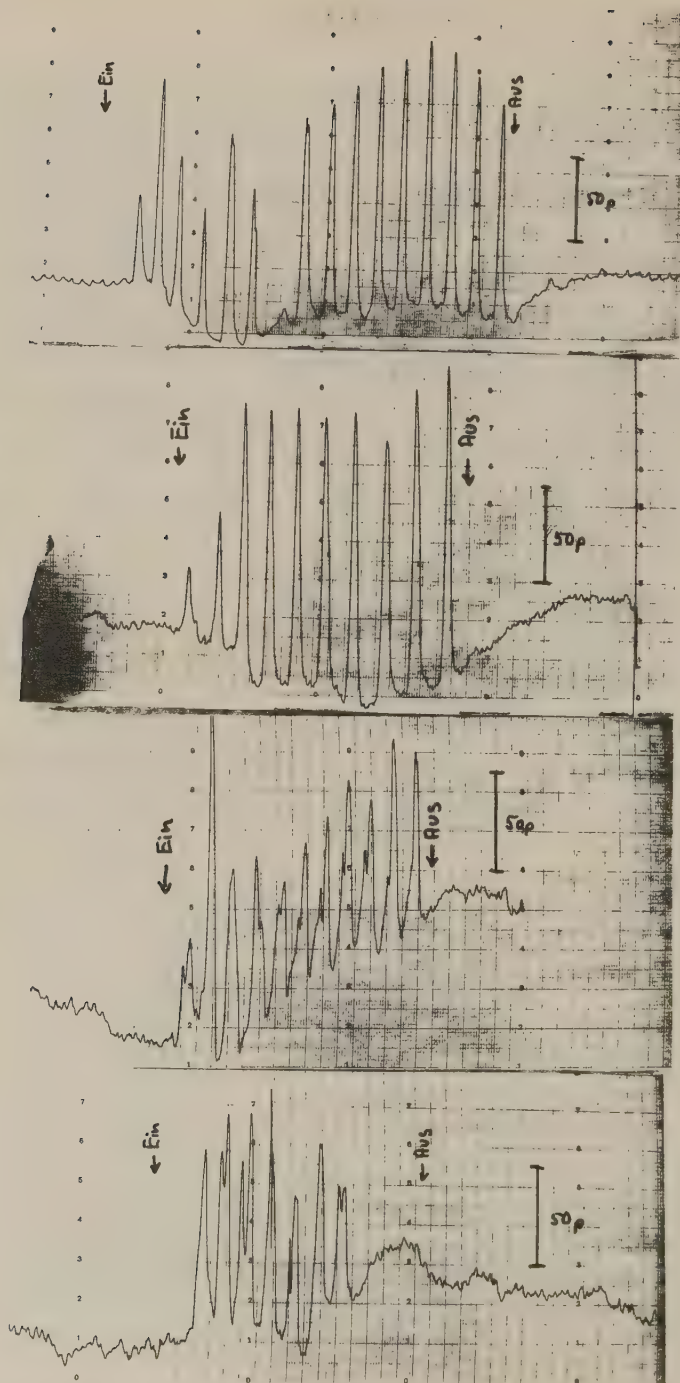


Abb.16: Kurven bei Halsvagusstimulation und Ableitung vom Pylorus

IV. E R G E B N I S

Es wurde an fünf Versuchshunden

a) der Halsvagus stimuliert und nacheinander an Pylorus, Antrum und Corpus gemessen.

b) der N. Lataret stimuliert und nacheinander an Pylorus, Antrum und Corpus gemessen.

Es wurden jeweils die ersten acht Ausschläge ausgewertet. Dabei wurde die Höhe der Ausschläge in cm gemessen und der Mittelwert errechnet. Die Mittelwerte von jedem Hund wurden dann noch einmal gemittelt.

Ergebnis :

1) Frequenz der Ausschläge: 4 - 5 / min

2) Keine messbaren Ausschläge bei Messung des Corpus

3) Vergleich von Pylorus und Antrum bei Stimulation des Halsvagus:

<u>Pylorus:</u>	Mittelwert	(Standardabweichung)	
Hund I	14,75	4,1117	
Hund II	23,24	4,5188	Gesamtmittelwert: 15,29
Hund III	18,26	4,2878	
Hund IV	19,07	5,3723	
Hund V	10,15	3,3641	

<u>Antrum:</u>	Mittelwert	(Standardabweichung)	
Hund I	7,5	1,3761	
Hund II	10,8	2,8745	Gesamtmittelwert: 11,248
Hund III	16,16	2,954	
Hund IV	13,76	2,9199	
Hund V	8,02	2,0906	

Varianzanalyse: $F = 2.2118$ (Tab.Wert $F_{0,01; 1/4} 21.20$
 $F_{0,01; 4/4} 16.0$)

→ keine Signifikanz

4) Vergleich von Pylorus und Antrum bei Stimulation des
N. Latarjet:

<u>Pylorus:</u>	Mittelwert	(Standardabweichung)
Hund I	10,34	4,3253
Hund II	10,58	1,7035
Hund III	11,24	1,2054
Hund IV	10,40	1,272
Hund V	6,14	2,1102

Gesamtmittelwert: 9,74

<u>Antrum:</u>	Mittelwert	(Standardabweichung)
Hund I	10,04	2,6435
Hund II	5,64	1,2542
Hund III	10,88	0,712
Hund IV	8,08	4,1853
Hund V	8,46	2,5056

Gesamtmittelwert: 8,62

Varianzanalyse: $F = 0,8617$ → keine Signifikanz

5) Vergleich zwischen Halsvagusstimulation und N.Latarjet-
Stimulation, gemessen a) am Pylorus b) am Antrum

Test: Unverbundene Stichproben, F-Test

Gruppe I: Halsvagusstimulation, gemessen am Pylorus
n = 20 Mittelwert: 18,25

Gruppe II: N. Latarjet-Stimulation, gemessen am Pylorus

Vergleich Gruppe I mit Gruppe II :

F-Wert = 5.7388 ; T-Wert = 4.969 (Tab. Wert: $T_{0,01/26} =$
Freiheitsgrade : 26 2,7787)

→ Signifikanz

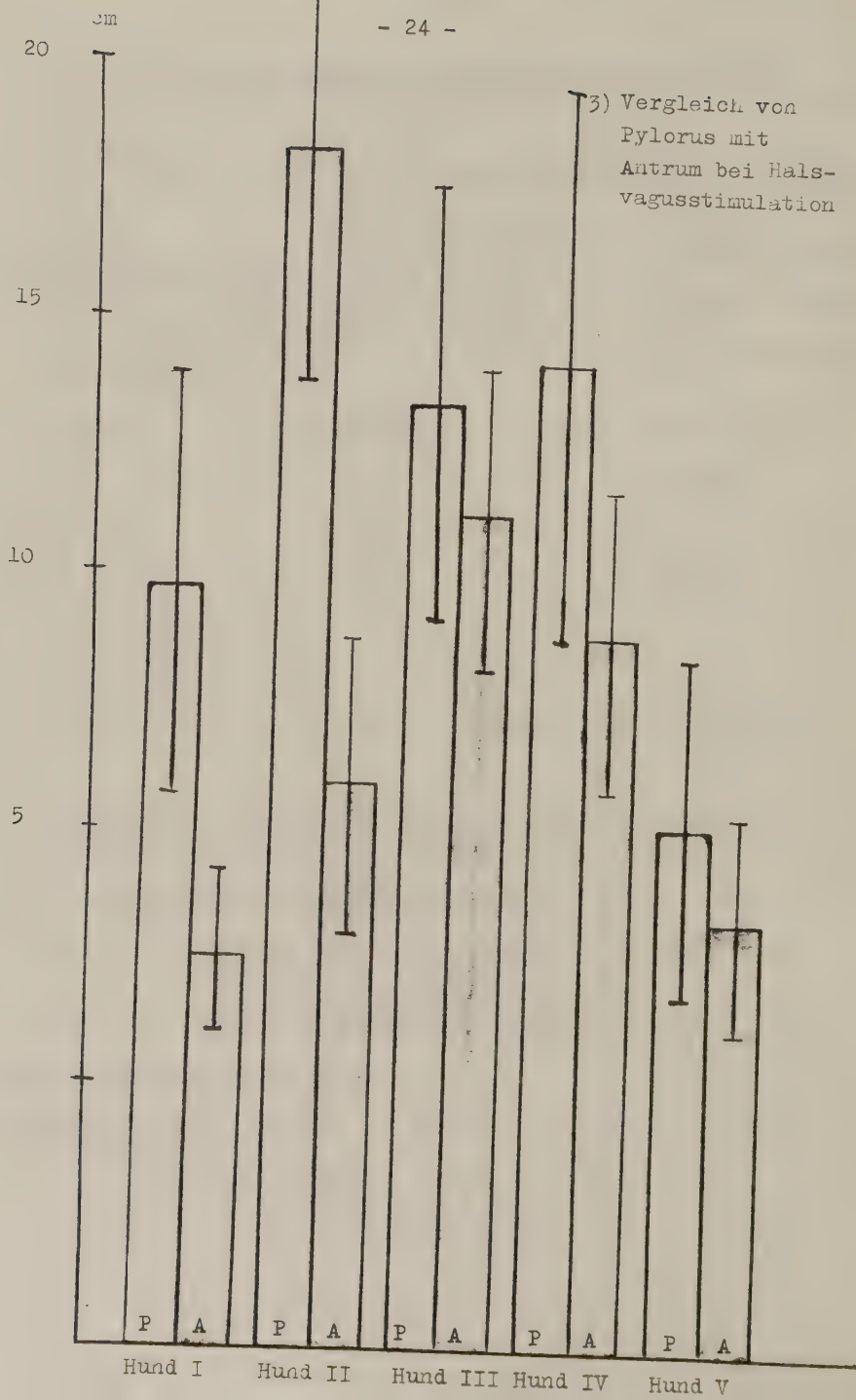
Gruppe III : Halsvagusstimulation, gemessen am Antrum
n = 20 Mittelwert = 11,75

Gruppe IV: N. Latarjet-Stimulation, gemessen am Antrum

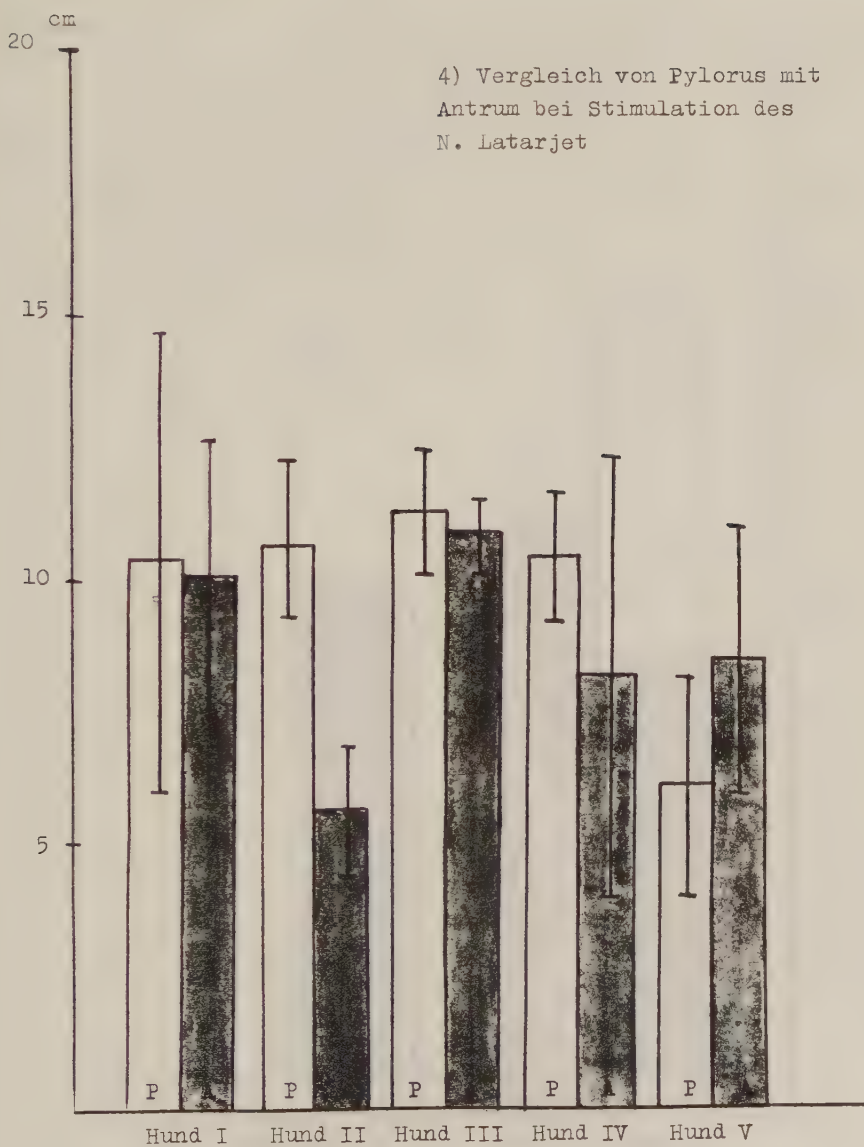
Vergleich Gruppe III mit Gruppe IV :

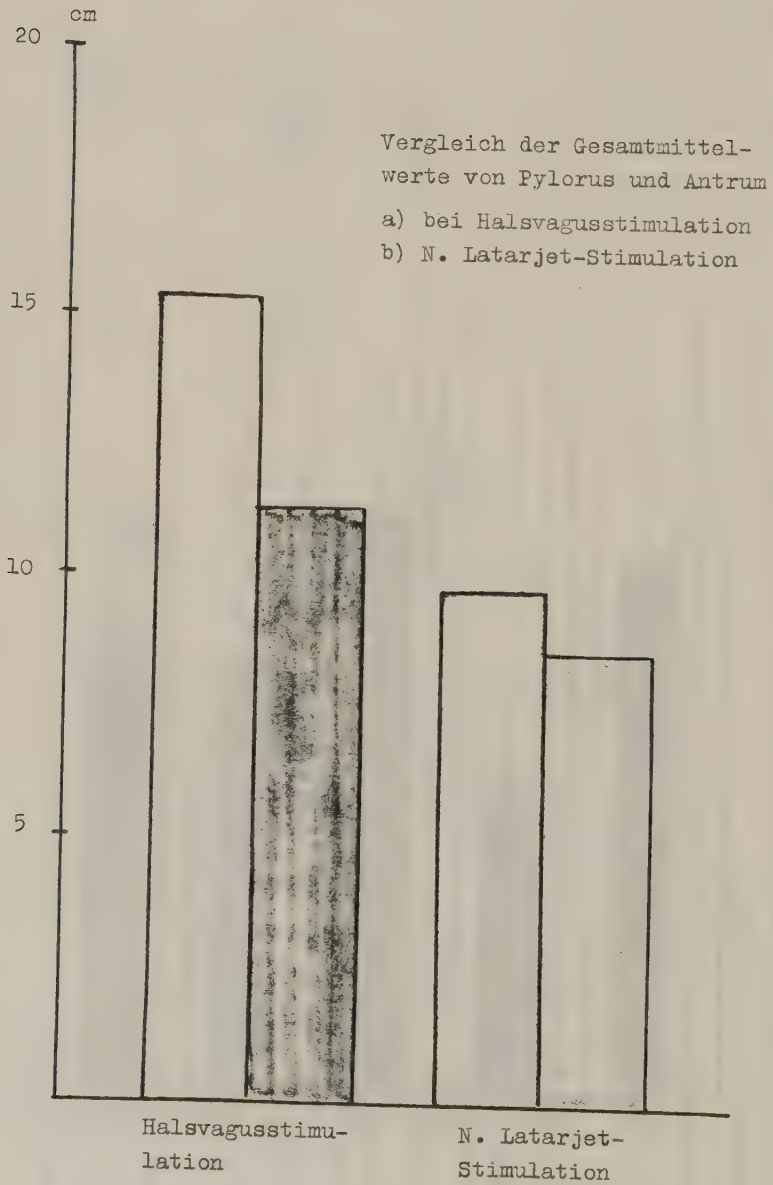
F-Wert = 1.513 , T - Wert = 3.3947 Freiheitsgrade: 38

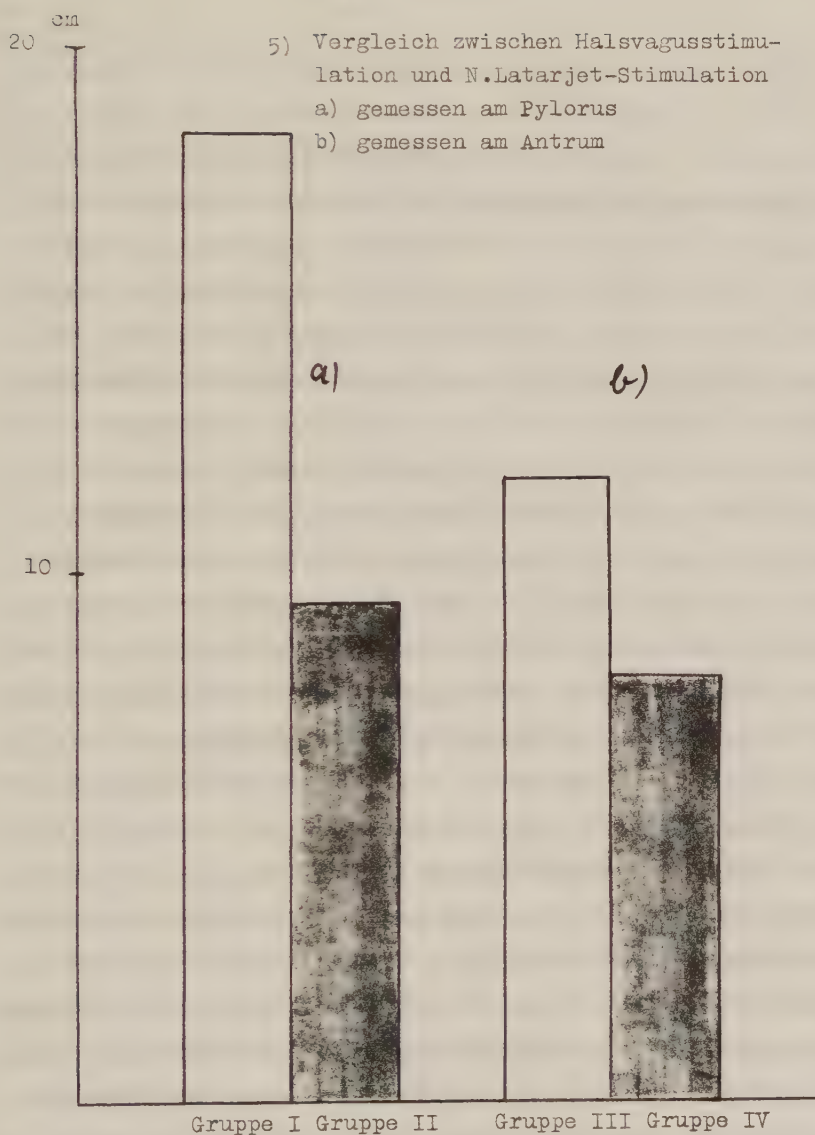
(Tab. Wert $T_{0,01/38}$ = 2,7116) $\rightarrow$ Signifikanz



4) Vergleich von Pylorus mit
Antrum bei Stimulation des
N. Latarjet







V. DISKUSSION

Auf dem neuen, organerhaltenden Weg der Ulcuschirurgie, spielt die Erforschung der Magenmotilität eine sehr wichtige Rolle. Von den Methoden, die eine quantitative Untersuchung ermöglichen, wurde bisher meist die Eingangs beschriebene Ballonsonden-Methode angewandt. SCHULTHEISS u. Mitarb. verwendete bei einer Methode zur Kontrolle der Vollständigkeit der Vagotomie neben dem BURGE-Reizgerät eine Ballonsonde zur intragastrischen Druckmessung. Die Ballonsonde hat den Vorteil, daß sie 1. ohne Laparatomie verwendet werden kann, und 2. eine durch Kontraktion des Magens verursachte Druckänderung registriert und dokumentiert werden kann. Die Größe der registrierten Ausschläge haben aber nur einen relativen Wert, da sie einerseits von der Vorspannung des Ballons abhängig sind, andererseits der Meßfühler (Ballon) die Meßgröße unzulässig beeinflusst.

Eine Meßmethode der Motilität, die zufriedenstellende Ergebnisse liefern soll, hat folgende Forderungen zu erfüllen: 1. minimaler Einfluß der Meßmethode auf die Meßgröße, 2. quantitative Registrierbarkeit, 3. Reproduzierbarkeit, 4. extraluminale, direkte Messung der Kontraktionen, 5. differenzierte Messung der einzelnen Magenabschnitte. Um diesen Bedingungen möglichst nahe zu kommen, wurde die DMS-Technik für die Untersuchung der Magenmotilität herangezogen. In Arbeiten, bei denen die Motilität durch DMS gemessen wird, hat man meist die Kontraktionen des Magens durch Reizmahlzeiten oder Pharmaka provoziert (ANDERSON, RINECKER, KELLY). TAKITA gab 1975 eine Methode an, bei der AgCl-Elektroden intramuskulär im Bereich der großen- und kleinen Krümmung angebracht wurden. Die Motilitätsmessung erfolgte eben-

falls mit DMS. Mit dieser bewährten Meßmethode wurde hier nur die Wirkung der Elektrostimulation von Halsvagus bzw. Nervus Latarjet auf die Magenmotilität untersucht.

Auch bei der Verwendung von DMS zur Messung der Magenmotilität ist man gezwungen, gewisse Kompromisse einzugehen. Da die Magenwand als Dehnungsgrundlage für den DMS nicht geeignet ist, dient das Trägerblech als Vermittler der Kraft zwischen Magenwand und DMS. Die extraluminal gut sichtbaren Schnürwellen, können das relativ starre Blech nicht in dem gleichen Maße biegen, wie sich der Umfang des Magens am Ort der Schnürwelle verkleinert (Abb. 9). Dies ist aus drei Gründen nicht möglich:

1) bei so starker Verbiegung müßte das Trägerblech einerseits so biegsam sein, daß es sich dem Schnürring ganz anpasst und gleichzeitig so elastisch, daß es nach Passieren der Schnürwelle vollständig in die ursprüngliche Form zurückgeht.

2) die relative Längenänderung (ϵ) darf ca 5%o der Gesamtlänge nicht überschreiten. 3) der DMS mit seinem Trägerblech von ca. 2 cm Länge und 1 cm Breite repräsentiert die Kontraktion des Magens von einer nur ca 2cm^2 großen Fläche aus.

Es zeigte sich im Laufe der Versuche, daß gut meßbare Ausschläge auf der Kurve nur durch exaktes Anbringen der DMS auf der Magenwand erreicht werden konnten. Entscheidend war, daß die DMS genau senkrecht zur Magenachse, bzw. parallel zur Schnürwelle aufgenäht waren. Außerdem durfte das Trägerblech nicht zu locker, da die Kraft sonst nicht übertragen wird, und nicht zu straff, da sonst eine Vordehnung entsteht, aufgenäht werden. Von großer Bedeutung ist auch der Einfluß der Temperatur auf das Meßergebniss (OP-Lampe, H_2O etc,). Dies aus mehreren Gründen: thermische Ausdehnung des Meßobjektes, Temperaturab-

hängigkeit des DMS-Widerstandes und infolge Auftreten von Thermospannungen. Der Einfluß der Atembewegungen konnte vernachlässigt werden, da er in der Meßkurve nur eine feine Zerkelung der Nulllinie hervorruft.

Für die Wahl der Elektroden boten sich Haken- und Hülselektroden an. Die Hakenlektroden erwiesen sich für unsere Zwecke als nicht geeignet, da durch die respiratorisch bedingte Magenbewegung der eingehakte Nerv an der starren, an einem Stativ fixierten Elektrode gezerzt wird. Außerdem muß bei der Hakenlektrode zu Isolationszwecken und zur Schonung des Nerven vor Austrocknung ein sog. "pool" aus Paraffin geschaffen werden. Bei Verwendung der Hülselektrode wird der Nerv durchtrennt, und der periphere Teil stimuliert. Dies hat den großen Vorteil, daß der Reizstrom nur nach peripher geht, und somit eine sekundäre zentrale Stimulation ausgeschlossen ist. Auch eine cephalische Stimulation durch Beeinflussung der Narkose ist dabei ausgeschlossen. Die Elektrode ist mit einem fadenförmigen Spezialdraht verbunden, wodurch diese sich jeder Atembewegung anpassen kann, ohne gezerzt zu werden.

Zu den Versuchsbedingungen

Voraussetzung für den Wert einer experimentellen Methode ist ihre Reproduzierbarkeit. Diese konnte im Verlauf der Versuche erst durch Verfeinerung und Standartisierung der Methode und Technik erreicht werden.

Zur Qualität der Hunde ist zu bemerken, daß sich kleine bis mittelgroße Schäferhundbastarde oder Colis für die Versuche am besten eigneten. Die Anatomie des pars abdominalis nervi vagi zeigte oft deutliche Unterschiede im Verlauf und Kaliber der Vagusäste bei den einzelnen Hunden. Dies entspricht den

anatomischen Verhältnissen beim Menschen, da auch hier die Anzahl und das Kaliber der vorderen und hinteren Vagusstämmen großen Variationen unterliegt (HRABAL, LIERSE, MITCHELL, JACKSON, LOEWENECK) .

Für Elektrostimulation verwendeten wir als Impulsform einen Rechteckreiz von 100 mV, Frequenz = 10/min, Impulsbreite = 1 msec. Diese Werte entstanden lediglich durch Ausprobieren verschiedener Reizstärken. In der Absicht, mit möglichst niedriger Reizstärke zu arbeiten, begannen wir die Versuche mit Werten, die um ein bis zwei Zehnerpotenzen höher lagen. Mit Verbesserung der Präparationstechnik, Aufnähen der DMS etc. konnten wir sie auf die oben angegebenen senken. Zwischen einer Reizstärke von 100 mV und 1 V zeigte sich bei der Höhe der Ausschläge kein wesentlicher Unterschied. Es zeigte sich aber auf der Meßkurve eine deutlich größere Varianz der Ausschläge. Da die Nervenfasern bekanntlich einem Alles-oder-Nichts-Gesetz unterliegen, scheinen wir mit der oben angegebenen Reizstärke in einem physiologischen Bereich zu liegen. (Abb.17)

Zu den Ergebnissen

Bei Elektrostimulation des Nervus vagus konnten Magenkontraktionen erzeugt werden, die in Form von Schnürwellen vom Antrum zum Pylorus liefen. Diese Schnürwellen setzten unmittelbar nach Reizbeginn ein und verschwanden sofort nach Reizende. Auch bei Reizdauer über mehrere Minuten verschwanden die Kontraktionen unmittelbar nach Reizende. Mittels DMS wurden diese Schnürwellen auf einer Meßkurve registriert (Abb.18). Eine statistische Auswertung der Kurven läßt sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

a) Bei Vergleich von Antrum und Pylorus bei Halsvagusstimulation

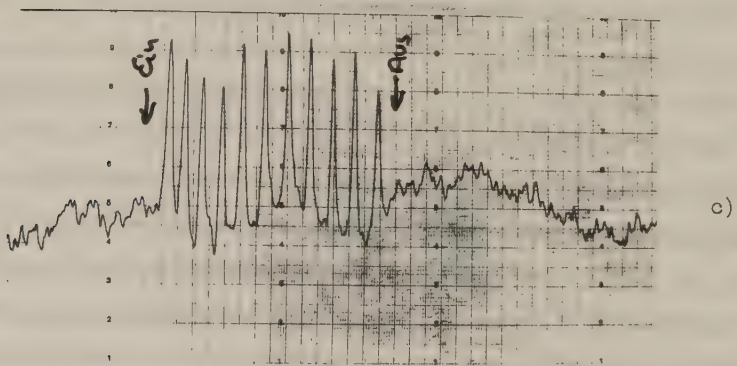
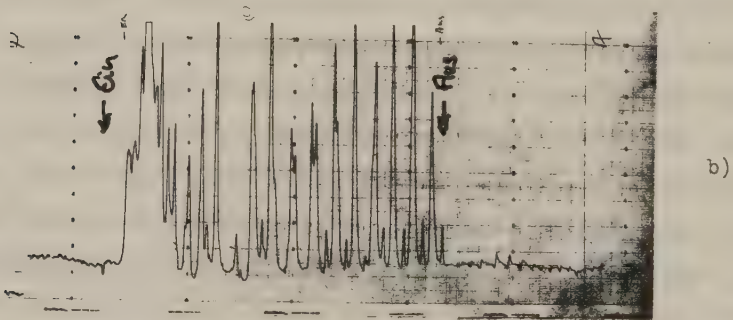
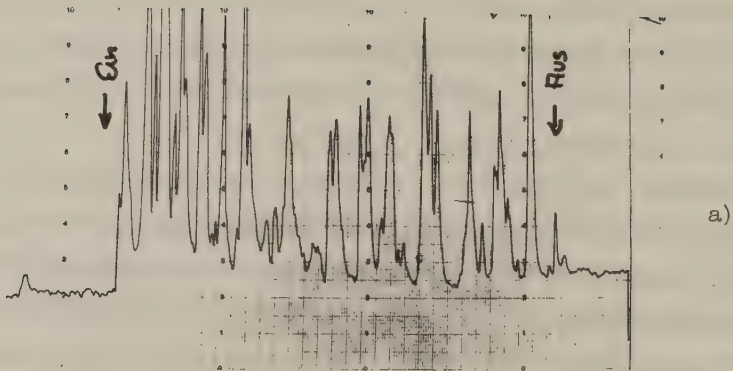
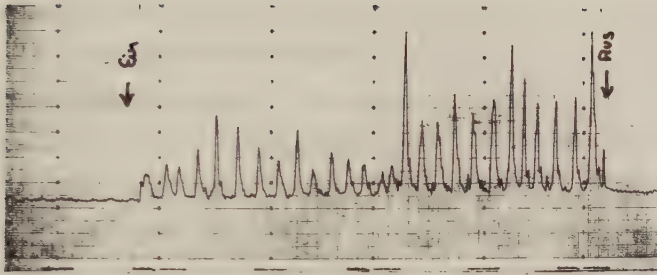
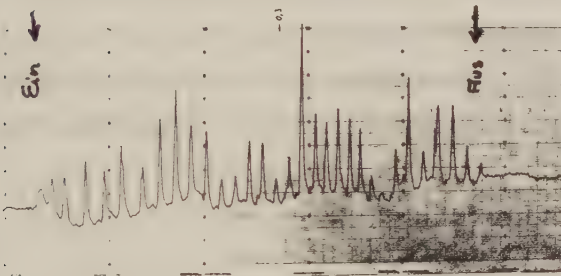


Abb. 17: Meßkurven bei verschiedener Reizstärke:

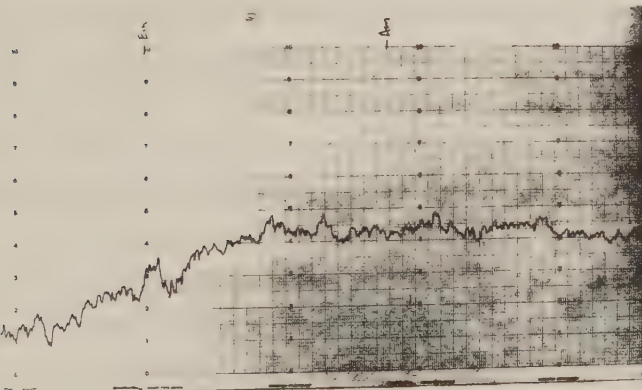
- a) 1000 mV, Frequenz = 100/min, Impulsbreite = 5msec
- b) 300 mV, Frequenz = 10/min, Impulsbreite = 1msec
- c) 100 mV, Frequenz = 10/min, Impulsbreite = 1msec



a)



b)



c)

Abb. 18: Meßkurven bei längerer Reizdauer (10 min)

c) Meßkurve bei Ableitung vom Corpus: keine Ausschläge

zeigte sich kein signifikanter Unterschied.

b) Bei Vergleich von Antrum mit Pylorus bei Stimulation des N. Latarjet zeigte sich kein signifikanter Unterschied.

Man konnte erwarten, daß zwischen Antrum- und Pylorusmotilität kein signifikanter Unterschied besteht, weder bei Halsvagus- noch bei N. Latarjet- Stimulation. Da das Antrum als Ausgangspunkt der Magenbewegungen angenommen wird, und die Schnürwellen gleichermaßen über Antrum und Pylorus laufen, besteht auch kein großer meßbarer Unterschied. Wahrscheinlich spielt der Hepatopylorische Ast für die Magenmotilität keine große Rolle.

c) Bei Vergleich von Halsvagusstimulation mit Stimulation des N. Latarjet bei Messung am Antrum zeigt sich ein signifikanter Unterschied.

d) Bei Vergleich von Halsvagusstimulation mit Stimulation des N. Latarjet bei Messung am Pylorus zeigt sich ein signifikanter Unterschied.

Da bei Stimulation des linken Halsvagus die fortgeleiteten Aktionspotentiale über das rete ösophagei (HRABAL, LIERSE, DOUBILET) in vorderen und hinteren N. Latarjet gehen, d. h. die gesamten motorischen Fasern der Mageninnervation stimuliert werden, läßt es sich erklären, daß hierbei die Kontraktionen stärker ausfallen, als wenn nur der vordere N. Latarjet stimuliert wird.

e) Bei Messung am Corpus entstanden keine meßbaren Ausschläge, lediglich Veränderungen im Sinne einer Tonuserhöhung (Abb. 18c) wie sie bereits von HIGHLOWER u. CODE beschrieben ist.

f) Die Frequenz der Ausschläge beträgt ebenfalls entsprechend früheren Beschreibungen (CARLSON, LIND) 4-5/min.

Da nur ein Einkanalschreiber zur Verfügung stand mußten die Messungen an Pylorus, Antrum und Corpus nacheinander vorgenommen werden. Dadurch mußte bei der Auswertung der Ergebnisse eine Abhängigkeit zwischen den einzelnen Messungen hingenommen werden. Bei einer gleichzeitigen Ableitung von den einzelnen Magenabschnitten kann sicher eine Verbesserung der Ergebnisse erreicht werden.

Die Ergebnisse scheinen aber dennoch geeignet zu sein, die Reproduzierbarkeit einer extraluminären Meßmethode der Magenmotilität zu zeigen, die den oben erwähnten Anforderungen am nächsten kommt. Der Hauptnachteil der DMS-Methode ist, daß laparotomiert werden muß. Sie beschränkt sich deshalb vorerst auf das Tierexperiment.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde bei 5 Versuchshunden die Magenmotilität während elektrischer Vagusstimulation untersucht. Die Motilitätsmessungen wurden mittels Dehnungsmesstreifen, die im Bereich von Corpus, Antrum und Pylorus angebracht waren, durchgeführt. Es wurde an jedem Versuchstier

- a) der Halsvagus stimuliert und nacheinander die Motilität an Pylorus, Antrum und Corpus gemessen.
- b) der N. Latarjet stimuliert und nacheinander die Motilität an Pylorus, Antrum und Corpus gemessen.

Die durch die DMS erzeugten Meßsignale wurden auf einem Kurvenschreibgerät registriert.

Zu den Ergebnissen

Eine statistische Auswertung der Kurven lieferte folgende Punkte:

- a) Bei Vergleich von Antrum mit Pylorus bei Halsvagusstimulation zeigte sich kein signifikanter Unterschied.
- b) Bei Vergleich von Antrum mit Pylorus bei Stimulation des N. Latarjet zeigte sich kein signifikanter Unterschied.
- c) Bei Vergleich von Halsvagusstimulation mit Stimulation des N. Latarjet bei Messung am Antrum zeigte sich ein signifikanter Unterschied.
- d) Bei Vergleich von Halsvagusstimulation mit Stimulation des N. Latarjet bei Messung am Pylorus zeigte sich ein signifikanter Unterschied.
- e) Bei Messung am Corpus entstanden keine meßbaren Ausschläge, lediglich Veränderungen im Sinne einer Tonuserhöhung.
- f) Die Frequenz der Ausschläge betrug 4-5 /min.

Eine Interpretation der Ergebnisse erfolgte im Abschnitt V .

VI. L I T E R A T U R

1. DEMLING, L. Arten der Magenmotilität, Meß-
methoden, Handbuch d. Inneren
Medizin, Bd. 3/2, 1974
2. DEMLING, L., Über eine Methode zur kontinuier-
WACHSMANN, F., lichen Motilitäts- und Druckregis-
BÜNTE, H. trierung im Verdauungskanal mit
Hilfe von DMS, Klin. Wschr. 35.
586-590 (1957)
3. HIGHTOWER, N.C., The quantitative analysis of antral
CODE, C.F. gastric motility records in normal
human beings, with a study of the
effekte of neostigmine, Proc. Mayo
Clin. 25, 697-704 (1950)
4. ALVAREZ, W.C., Action currents in stomach and intes-
MAHONEY, L.J. tine. Am. J. Physiol., 58, 476-493,
1922
5. BOZLER, E. The action potentials of the stomach.
Am.J.Physiol, 144, 693-700, 1945
6. CODE, C. Canine tachygastria, Mayo Clin. Proc,
MARLETT, J.A. 49, 325-322, 1974
7. OI, M., Electrogastromyography. Dig. 7th,
TANAKA, Y., Int. Conf. Med. Biol. Eng, 335, 1967
IWAI, Y.
8. ROZE, C. Gastric Myoelektrical Aktivität in
Man, Scand. Jour. of. Gastroenterolo-
gy 1975, 54-76

9. ANDERSON, J.J.,
BOLT, R.J.,
ULLMANN, B.H.,
BASS, P.
10. RINECKER, H.,
BRENDL, W.
11. LOEWENECK, H.,
LÜDINGHAUSEN, M.V.,
MEMPEL, W.
12. HRABAL, R.
13. HOLLE, F.,
HART, W.V.
14. HOLLE, F.,
HEYMANN, H.,
KLEMPA, I.,
LICK, R.
15. HOLLE, F.
16. GRIFFITH, C.A.
- Differential Response to Various
Stimulants in the Body and Antrum
of the Canine Stomach. Amer. J.dig.
Dis. N.S. 13, 147-157 (1968)
Kontraktionskraft und -frequenz
verschiedener Darmabschnitte des
Hundes in vivo. Pflügers Archiv
200, 144-157 (1966)
Die vagale Mageninnervation. Münch.
med. Wschr. 109, 1754-1762 (1967)
Der Verlauf der Nn. vagi an der Pars
abdominalis der Speiseröhre. Inaugu-
ral Diss. Med. Fak. Univ. Mchn. 1974
Neue Wege der Chirurgie des Gastro-
duodenalulcus. Med.Klin. 62 (1967)
441
Die Vagotomie in der chirurgischen
Behandlung des Gastroduodenalulcus
Sonderdruck a. Med. Klin., Nr. 6
(1969) 223-230
Spezielle Magenchirurgie, 1968
Springer-Verlag
Selectiv gastric vagotomy. Surg.Clin.
N. Am. 46, 1966, 367

17. DRAGSTEDT, L.R.
OWENS, F.M. Supradiaphragmatic section of
the vagus nerves in the treatment
of duodenal ulcer. Proc. Soc. exp.
Biol. Med. 53 (1943) 152
18. LATARJET, A. Resection des nerfs de l'estomac.
Bull. Acad. Méd. (Paris) 87 (1922)
681
19. LISSNER, J. Kinematographie des Magens nach Vago-
tomie u. Pyloroplastik. Deutsch.
Röntgenkongress, Baden-Baden 1973
20. NICKEL,
SCHUMMER,
SEIFERLE Lehrbuch d. Anatomie d. Haustiere
Bd. IV, S. 282-283, 312, Verlag
Paul Parey
21. OKUKUBO, F.,
BRÜCKNER, W.,
KLEINSCHMIDT, J. Quantitative study of gastric emp-
tying by means of ultrasonics pre-
liminary report. Vortrag 4th World
Congress of the Collegium internati-
onal Chirurgiae Digestivae, Davos
22. LIERSE, W. Die Innervation des Magens durch
den N. vagus. : Vagotomie, 1976,
Thieme Verlag, Stuttgart
23. MITCHELL, G.A.G. The nerve supply of the gastro-oeso-
phageal junction. Brit. J. Surg. 26
(1938) 333
24. JACKSON, R.G. Anatomy of the vagus nerves in the
region of the lower oesophagus and
the stomach. Anat. Rec. 103 (1949) 1
25. KELLY, J.M.,
KENNEDY, T. Does highly selective vagotomy pre-
serve antral mobility. Gut, 12, 866
(1971)

26. SCHULTHEISS, H.R.,
PERREN, S.,
ALLGÖWER, M. Elektrische Reizung der Vagusäste
und intragastrische Druckmessung
beim Hund. Helvetica Chirurgica
Acta, Vol. 36, Fasc. 3, p. 328-334, (1969)
27. DOUBILET, H.,
SHAFIROFT, B.G.,
MULHOLLAND, J.H. The anatomy of the periesophageal
vagi. Ann. Surg. 127 (1948) 128
28. BURGE, H. et. al. Present position of the electrical
stimulation test. Gut, 10, 155-159
(1969)
29. MILLER, M.E. Anatomy of the dog, 1964, Verl.
W.B. Saunders Company, 631-633
30. TAKITA, S.,
NISHII, H.,
KUWAJIMA, T.,
YANO, Y. Gastric Motor Function after selec-
tive proximal Vagotomy and pyloro-
plasty for peptic ulcer. (1975),
Chir. Gastroent. Vol. 9, No. 2 195-202
31. CARLSON, A.J.,
CODE, C.F.,
NELSON, R.A. Motor action of the canine gastro-
duodenal junction. A cineradiography,
pressure and electric study. Amer. J.
dig. Dis. 11, 155-172 (1966)
32. LIND, J.F.,
DUTHIE, H.L.,
SCHLEGEL, J.F.,
CODE, C.F. Motility of the gastric fundus. Amer.
J. physiol. 201, 197-202 (1961)
33. PAPAZOVA, M.P.,
NAGAI, I.,
PROSSER, C.L. Two component slow waves in smooth
muscle of cat stomach. Am. J. physiol.
214, 695-702, (1968)

Bei Herrn Prof. Dr. F. Holle bedanke ich mich für die Überlassung des Arbeitsplatzes und die großzügige Bereitstellung der Mittel für die Geräte.

Meinem Doktorvater Priv. Doz. Dr. W. Brückner danke ich für die Überlassung des Themas und für die hilfreichen Anregungen bei der Abfassung dieser Arbeit.

Herrn Dr. F. Okukubo danke ich für die Hilfe bei den Operationen und die freundliche Beratung bei der Durchführung dieser Arbeit.

Nicht zuletzt bedanke ich mich bei den Mitarbeitern des Neurophysiologischen Instituts unter Leitung von Herrn Prof. Dr. G. ten Bruggencate für die Beratung zur Präparation und Elektrostimulation des Nerven.

LEBENS LAUF

1. Juni 1947 als Sohn des kaufm. Angestellten Hans Huber und seiner Ehefrau Ottilie, geb. Schäfer in Fürstenfeldbruck geboren.
- 1953 Eintritt in die Volksschule Fürstenfeldbruck
- 1957 Übertritt in die Oberrealschule Fürstenfeldbruck
- 1962 Wechsel in die Handelsschule Begemann, München
- 1965 - 1968 Banklehre in der Deutschen Bank in München mit Abschluß 1968
- 1968 Eintritt in das Münchenkolleg
- 1970 Reifeprüfung
- WS 1970/71 Immatrikulation an der Universität München zum Medizinstudium
- 1976 Staatsexamen der Humanmedizin
- Sept. 76 - Aug. 77 Medizinalassistentenzeit im Kreiskrankenhaus Fürstenfeldbruck und Kreiskrankenhaus Mering

